GUÍA ILUSTRADA DE REBOBINADOS DE MOTORES ELÉCTRICOS



¡¡INCLUYE IMÁGENES A COLOR!!

CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

RESUMEN

Este proyecto es una orientación para todas las personas interesadas en el rebobinado de motores eléctricos de inducción, brindando la capacitación para realizar todo el proceso de rebobinado manual y artesanalmente, donde se explica paso por paso desde el instante en que se destapa el motor hasta que nuevamente se arma y se pone en funcionamiento.

También se realiza una descripción del motor, como está compuesto, como es su funcionamiento, tipos de bobinado que se pueden realizar y sus conexiones.

Y para una mejor comprensión, este documento está acompañado de un audio-video en donde se muestra todo el proceso de rebobinado.

INTRODUCCIÓN

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna que pueden ser tanto monofásicos como polifásicos. El motor de inducción trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos, de jaula de ardilla o bobinado, y un estator en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas están desfasadas entre sí 120° geométricos, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que alcanza las barras o el bobinado del rotor e induce un voltaje en ellas, este voltaje inducido en las barras es debido al movimiento relativo del rotor con respecto al campo magnético del estator, debido al voltaje inducido, en el rotor se presentan corrientes por las barras del mismo, estas corrientes producen un campo magnético y, finalmente, la producción del movimiento del rotor es debido a los campos del estator y del rotor; estos campos tenderían a alinearse como dos barras magnéticas lo harían si se colocasen cerca; ya que el campo magnético del estator está girando, el campo magnético del rotor (y el rotor mismo) constantemente tratará de alcanzarlo.

La máquina de inducción aunque se puede utilizar como motor o como generador, pocas veces se utiliza como generador. Por esta razón, las maquinas de inducción se refieren a los motores de inducción. **[4].**

1. TIPOS DE BOBINADOS DE CORRIENTE ALTERNA

Cada fase del devanado trifásico está formada por varias espiras formando bobinas, conectadas de forma que se sumen las fuerzas electromotrices engendradas en los conductores. El bobinado de cada fase es de tipo tambor y abierto (con un principio y un final). Las fases deben ser idénticas y desfasadas entre sí, basándose en el ángulo característico del sistema (120° eléctricos en el devanado trifásico).

Las bobinas del devanado forman grupos que pueden ser según su forma:

- Concéntricos.
- Imbricados.
- Ondulados.

Según la manera de conexión de los grupos de bobina de una misma fase, el devanado puede ser conectado:

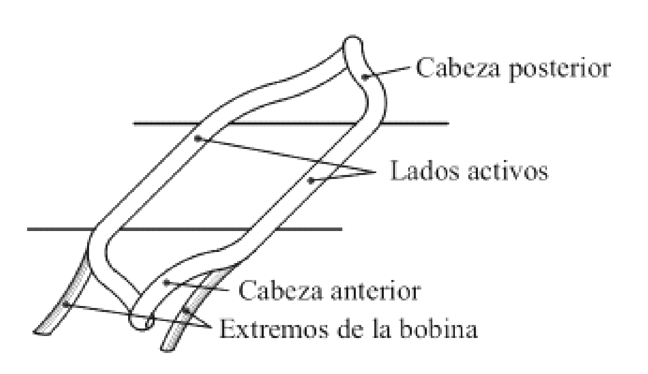
- Por polos.
- Por polos consecuentes.

Para entender bien este capítulo, previamente se definirán los términos técnicos propios del bobinado de motores eléctricos.

1.1 TÉRMINOS TÉCNICOS DEL BOBINADO DE MOTORES ELÉCTRICOS.

1.1.1 Bobina. Recibe el nombre de bobina cada uno de los conjuntos compactos de espiras que unidos entre sí forman el bobinado inducido de la máquina. Van alojadas en las ranuras de la armadura. Están compuestas de lados activos y cabezas (figura 1.1).

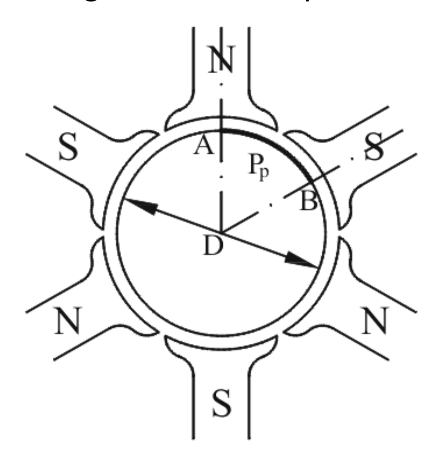
Figura 1.1. Bobina.



Fuente: http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/3903023/Todo-para-Bobinado-de-motores-electrico.html

1.1.2 Paso polar. El paso polar, es la distancia entre dos polos consecutivos (es el número de ranuras que corresponden a cada polo). Puede ser expresado en centímetros o por el número de ranuras. El paso polar se puede observar en la figura 1.2.

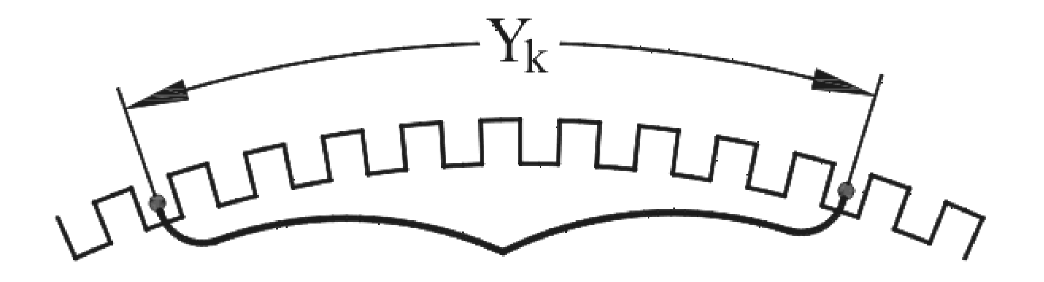
Figura 1.2. Paso polar.



Fuente: http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/3903023/Todo-para-Bobinado-de-motores-electrico.html

1.1.3 Paso de bobina. Es la distancia que hay entre los dos lados de una bobina. Se puede medir en fracciones del paso polar, en radianes eléctricos o geométricos, pero normalmente se mide contando el número de ranuras que hay entre los dos lados de la bobina (al paso de bobina medido en números de ranuras se le designara). En la figura 1.3 se puede observar el paso de bobina.

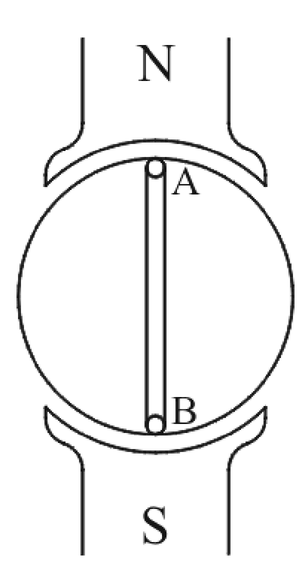
Figura 1.3. Paso de bobina.



Fuente: **http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/3903023/Todo-para-Bobinado-de-motores-electrico.html**

1.1.4 Paso diametral. Una bobina se denomina de paso diametral, si su paso es igual al paso polar. El paso diametral se puede observar en la figura 1.4.

Figura 1.4. Paso diametral.



Fuente: **http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/3903023/Todo-para-Bobinado-de-motores-electrico.html**

1.1.5 Paso acortado. Una bobina se denomina de paso acortado, si su paso es inferior al paso polar.

1.1.6 Paso alargado. Una bobina es de paso alargado, si su paso es superior al paso polar.

1.1.7 devanados abiertos. Están formados por una o varias fases, cada una de las cuales tiene un principio y un final. Estos devanados se usan en las máquinas de corriente alterna.

1.1.8 Devanado de una capa o simple capa. En este devanado, cada ranura solo posee un lado activo de una bobina. Actualmente solo se utilizan estos devanados en máquinas de c.a. En la figura 1.5 se puede observar el devanado de una capa.

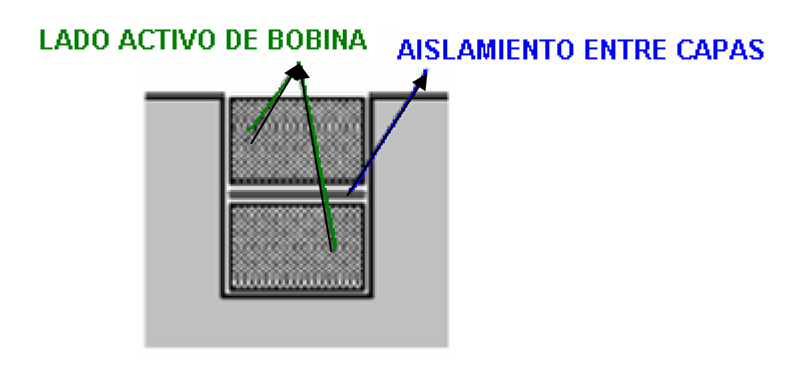
Figura 1.5. Devanado de una capa.



Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

1.1.9 Devanado de dos capas o doble capa. En los devanados de doble capa, en cada ranura hay dos lados activos correspondientes a dos bobinas distintas, colocados uno encima del otro formando dos capas de conductores entre las cuales se coloca un aislante. Estos devanados son abiertos. En la figura 1.6 se puede observar el devanado de doble capa.

Figura 1.6. Devanado de doble capa.



Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

1.1.10 Grupo polar. Es un conjunto de bobinas de la misma fase conectadas en serie, alojadas en ranuras contiguas y arrolladas alrededor de un mismo polo. Los grupos polares se conectan entre sí en serie o formando varias ramas en paralelo idénticas para, así, construir una fase del devanado. En la figura 1.7 los grupos polares se han señalado con un número rodeado de una circunferencia.

Figura 1.7. Grupos polares.

Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

1.1.11 Devanados enteros y fraccionarios. En ciertas ocasiones (especialmente en los inducidos de alternadores), se utilizan devanados fraccionarios en los que los grupos polares de una fase, no son todos exactamente iguales; algunos tienen una bobina más que los otros.

En los bobinados fraccionarios, el número de bobinas por par de polos y fase, $\boldsymbol{b}$, no es entero, ni tampoco el número de ranuras por polo y fase, $\boldsymbol{K_{pq}}$. Esto no significa que cada par de polos tenga un número no entero de bobinas, sino que, como hay diferencias entre el número de bobinas de cada grupo polar , en una fase los valores medios de los parámetros $\boldsymbol{b}$ y $\boldsymbol{K_{pq}}$ no son números enteros.

En los devanados enteros, todos los grupos polares son iguales y, por lo tanto, los parámetros $\boldsymbol{b}$ y $\boldsymbol{K_{pq}}$ tienen valores enteros.

1.2 BOBINADO POR POLOS

Un bobinado es por polos cuando el final de un grupo de bobinas está conectado con el final del siguiente, y el principio de un grupo con el principio del siguiente, dejando sin conectar el principio del primer grupo y el principio del último, que serán el principio y el final, respectivamente de la fase. En la figura 1.8 se puede observar el bobinado por polos.

En un bobinado por polos, el número de grupos por fase es igual al número de polos. Y el número total de grupos, es el número de grupos por fase, por el número de fases.

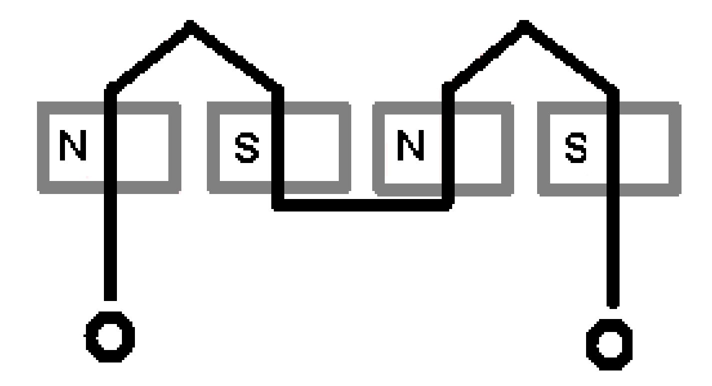
Figura 1.8. Bobinado por polos.

1.3 BOBINADO POR POLOS CONSECUENTES

Un bobinado es por polos consecuentes cuando el final de un grupo de bobinas está conectado con el principio del siguiente, dejando sin conectar el principio del primer grupo y el final de último, que serán el principio y el final, respectivamente de la fase. En la figura 1.9 se puede observar el bobinado de polos consecuentes.

En los bobinados de polos consecuentes, el número de grupos por fase es igual al número de pares de polos, y el número total de grupos es el número de grupos por fase, por el número de fases.

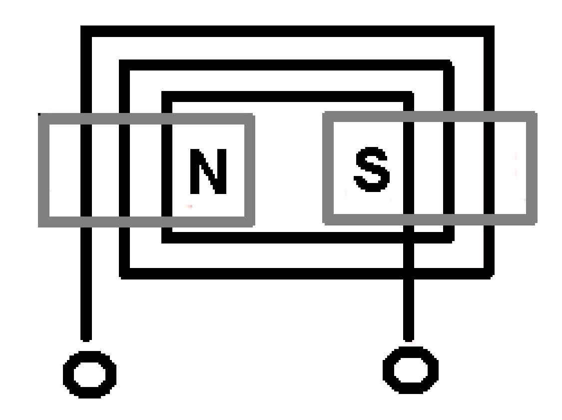
Figura 1.9. Bobinado por polos consecuentes.



1.4 BOBINADOS CONCÉNTRICOS

En los bobinados concéntricos las bobinas de un grupo polar son de diferentes tamaños, y se van situando sucesivamente unas dentro de las otras. En la figura 1.10 se puede observar el bobinado concéntrico.

Figura 1.10. Bobinado concéntrico.



En este tipo de bobinado los pasos de bobina son diferentes de unas bobinas a otras.

Los bobinados concéntricos pueden ser construidos tanto por polos como por polos consecuentes. La forma de ejecutar los bobinados de una y dos fases es por polos (el bobinado monofásico concéntrico por polos, se puede observar en la figura 1.11), mientras que en los bobinados trifásicos se realizan por polos consecuentes (el bobinado trifásico concéntrico por polos consecuentes, se puede observar en la figura 1.12).

Cuando se usa la conexión por polos consecuentes, el valor medio de los pasos de las bobinas de un grupo polar es igual al paso polar.

Figura 1.11. Bobinado monofásico concéntrico por polos.

Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

Figura 1.12. Bobinado trifásico concéntrico por polos consecuentes.

Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

1.5 BOBINADO IMBRICADO

Los bobinados imbricados están realizados con bobinas de igual tamaño y forma.

En los bobinados imbricados, un grupo polar se obtiene conectando en serie varias bobinas de una misma fase, todas ellas correspondientes al mismo polo (una representación grafica del bobinado imbricado se puede observar en la figura 1.13). Por esta razón, en estos bobinados hay que retroceder para conectar el final de una bobina con el principio de la siguiente (pues el final de una bobina está por delante del principio de la siguiente con la que se conecta como se puede observar en las figuras 1.14 y 1.15).

Estos bobinados pueden ser de una o dos capas (en la figura 1.14, se puede observar el bobinado imbricado de una capa, y la figura 1.15 se puede observar el bobinado imbricado de doble capa), de paso diametral, alargado o acortado y siempre se ejecutan por polos.

Cuando un bobinado imbricado es de una sola capa el paso de bobina medido en número de ranuras, debe ser impar (figura 1.14). Esto se debe a que, como se muestra en la figura 1.14, en las ranuras se van colocando alternativamente

el lado derecho de una bobina, el lado izquierdo de la otra bobina, el lado derecho y así sucesivamente. Por consiguiente, una bobina tendrá uno de sus lados en una ranura par y el otro en una ranura impar y el paso de bobina, es, pues, impar.

Figura 1.13. Bobinado imbricado.

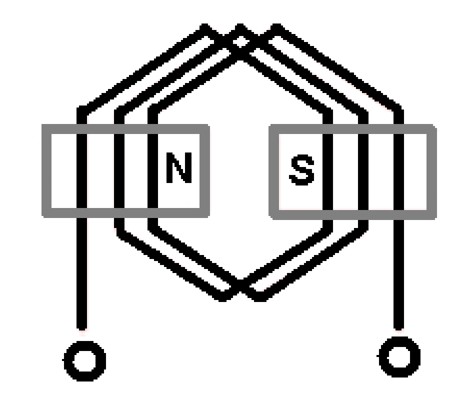
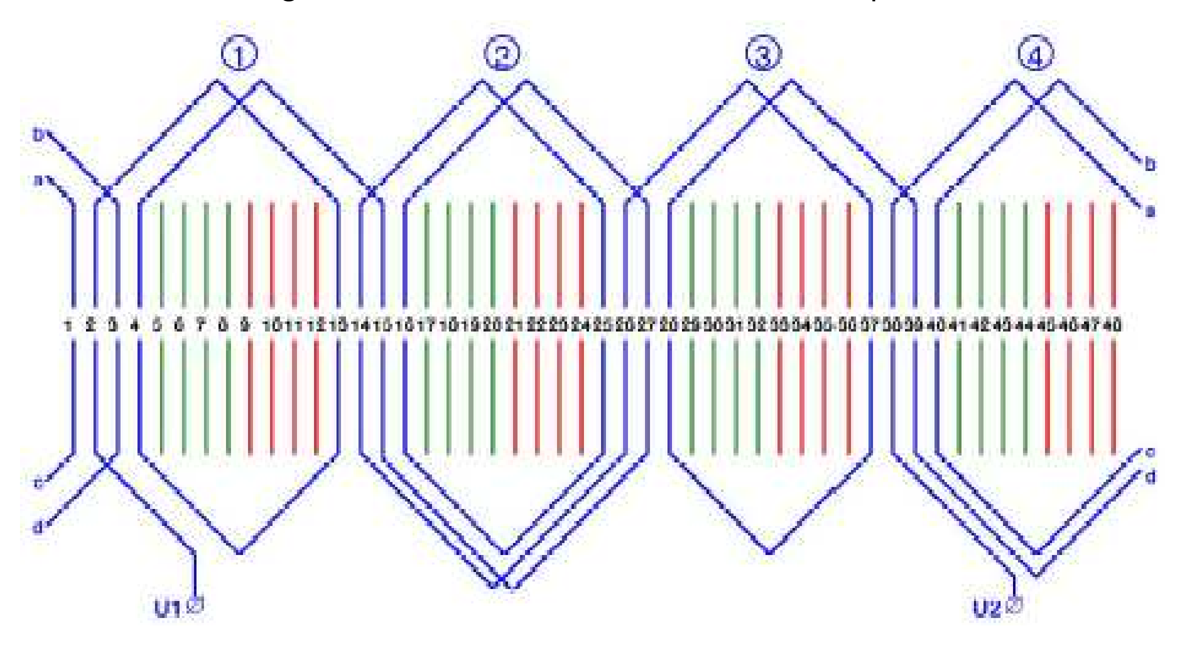


Figura 1.14. Bobinado imbricado de una capa.



Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

En la figura 1.14, se muestra el bobinado trifásico imbricado, por polos, de 4 polos, una capa, 4 grupos polares por fase de 2 bobinas cada uno, 48 ranuras, 4 ramas por polo y fase, y con paso medido de ranuras 11.

Figura 1.15. Bobinado trifásico imbricado de dos capas.

Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

En la figura 1.15, se muestra el bobinado trifásico imbricado, por polos, de 2 polos, doble capa, 2 grupos polares por fase de 4 bobinas, 24 ranuras, 4 ranuras por polo y fase, y con paso acortado de ranura en 1 ranura.

1.6 BOBINADO ONDULADO.

Los devanados ondulados también están realizados con bobinas de igual tamaño.

A diferencia de lo que sucede en los bobinados imbricados, en los devanados ondulados una bobina se conecta con otra de la misma fase que está situada bajo el siguiente par de polos. Por esta razón, en estos devanados hay que avanzar a conectar el final de una bobina con el principio de la siguiente (pues el final de una bobina, está detrás del principio de la siguiente con la que se conecta, como se puede apreciar en la figura 1.16). Esto hace que estos arrollamientos tengan forma de onda, lo que da origen a su denominación.

Los bobinados ondulados se fabrican de dos capas y se ejecutan por polos. Estos arrollamientos pueden ser de paso diametral, alargado o acortado.

Figura 1.16. Bobinado trifásico ondulado.

Fuente: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

En la figura 1.16, se muestra un bobinado trifásico ondulado, por polos, de 4 polos, doble capa, con 4 grupos polares por fase de 2 bobinas de cada uno, 24 ranuras, 2 ranuras polo y fase, y paso de bobina diametral.

1.7 CÁLCULOS PARA LOS TIPOS DE BOBINADOS

En este numeral se mostrarán los cálculos para los diferentes tipos de bobinados que se citaron anteriormente.

1.7.1 Cálculos generales para los diferentes tipos de bobinados.

1.7.1.1 Ranuras que ocupa el bobinado por polo magnético y por fase. En la ecuación (1.1) se puede observar el cálculo para las ranuras que ocupa el bobinado por polo magnético y por fase.

$$K_{pq} = \frac{K}{2_{pq}} \qquad \textbf{(1.1)}$$

Donde:

K_{pq}: Ranuras que ocupa el bobinado por polo magnético y por fase.

K: Número de ranuras.

$\mathbf{2_{pq}}$: Número de grupos por fase por el número de fases.

1.7.1.2 Número de bobinas.

1.7.1.2.1 Bobinado de una capa. Para el bobinado de una capa, el número de bobinas es la mitad del número de ranuras, como se puede observar en la ecuación (1.2).

$$\boldsymbol{B = \frac{K}{2}} \qquad \textbf{(1.2)}$$

Donde:

$\boldsymbol{B}$: Número de bobinas.

1.7.1.3 Bobinado de dos capas. Para el bobinado de dos capas. El número de bobinas ($\boldsymbol{B}$) es igual al número de ranuras ($\boldsymbol{K}$), como se puede observar en la ecuación (1.3).

$$\boldsymbol{B = K} \qquad \textbf{(1.3)}$$

1.7.1.4 Número de bobinas por grupo. Es el número de bobinas totales dividido por los grupos totales del bobinado, como se puede observar en la ecuación (1.4).

$$\boldsymbol{u = \frac{B}{G}} \qquad \textbf{(1.4)}$$

Donde:

$\boldsymbol{u}$: Número de bobinas por grupo.

$\boldsymbol{B}$: Número de bobinas.

$\boldsymbol{G}$: Número de grupos totales del bobinado.

1.7.1.5 Paso polar. Es el número de ranuras que corresponden a cada polo. En la ecuación (1.5) se demuestra lo que se dijo en el enunciado anterior.

$$\boldsymbol{Y_p = \frac{K}{2_p}} \qquad \textbf{(1.5)}$$

Donde:

$\boldsymbol{Y_p}$: Paso polar.

$\boldsymbol{K}$: Número de ranuras.

$\mathbf{2_p}$: Número de polos.

1.7.2 Cálculos para bobinados concéntricos. Los bobinados concéntricos se suelen realizar de una capa y conectados por polos consecuentes.

1.7.2.1 Amplitud del grupo. Se le llama amplitud del grupo, al número de ranuras que se encuentran en el interior de un grupo de bobinas.
En la ecuación (1.6) se puede observar cómo se halla la amplitud del grupo para los bobinados concéntricos.

$$\boldsymbol{m = (q - 1) * K_{pq}} \qquad \textbf{(1.6)}$$

Donde:

$\boldsymbol{m}$: Amplitud por grupo.

$\boldsymbol{q}$: numero de fases.

$\boldsymbol{K_{pq}}$: Ranuras que ocupa el bobinado por polo magnético y por fase.

Una observación importante a la hora de hacer el cálculo para bobinados concéntricos es la siguiente:

- Si el número de bobinas por grupo ($\boldsymbol{u}$) es un numero entero ($\boldsymbol{n + 1/2}$), se colocan alternativamente grupos de n bobinas y de $\boldsymbol{n + 1}$ bobinas.

1.7.3 Cálculos para bobinados excéntricos o imbricados enteros. Se suelen realizar de una o dos capas, y se caracterizan por tener el número de ranuras por polo y fase entero (como se ilustra en la ecuación (1.7)).

$$\boldsymbol{K_{pq} = número\ entero} \qquad \textbf{(1.7)}$$

En los bobinados excéntricos o imbricados enteros. El ancho de bobina o paso de ranura ($\boldsymbol{Y_k}$) puede ser menor o igual al paso polar, como se indica en la ecuación (1.8).

$$\boldsymbol{Y_k \leq Y_p} \qquad \textbf{(1.8)}$$

Cabe resaltar que:

- En el bobinado de una capa, el paso de ranura debe ser impar.

1.7.4 Bobinados excéntricos o imbricados fraccionarios. Se ejecutan en dos capas y conectados por polos. Se caracterizan por tener el número de ranuras por polo y fase como un número fraccionario ($\boldsymbol{u = A/B}$), siendo el número fraccionario irreducible y $\boldsymbol{B}$ múltiplo de 3.

Para saber la distribución en el bobinado de los grupos de ranuras, se realiza una tabla de distribución:

- En tres columnas se trazan B filas de A puntos.
- Se traza una señal en el primer punto de la primera fila y en todos los que distan de este B unidades.

Las señales de la primera fila indican el número de ranuras que corresponden a cada fase del primer polo.

Las señales de la segunda fila indican el número de ranuras que corresponden a cada fase del segundo polo, y así sucesivamente.

El ancho de bobina o paso de ranura ($\boldsymbol{Y_k}$) puede ser menor o igual al paso polar, como se indica en la ecuación (1.8). **[1], [2], [3].**

2. PROCESO PARA REBOBINAR UN MOTOR ELÉCTRICO DE INDUCCIÓN

Para rebobinar un motor eléctrico se deben realizar los siguientes pasos:

- Anotar datos.
- Destapar el motor.
- Realizar el molde para las nuevas bobinas.
- Extraer las bobinas viejas.
- Limpiar las ranuras del estator.
- Aislar las ranuras estatóricas.
- Confeccionar las nuevas bobinas.
- Introducir las bobinas en las ranuras.
- Aislar las bobinas o grupos de bobinas.
- Conectar las bobinas entre sí.
- Amarrar las bobinas.
- Barnizar.

Para entender bien este proceso a continuación se definen los términos técnicos del rebobinado de un motor eléctrico.

2.1 TÉRMINOS TÉCNICOS PARA EL REBOBINADO DE UN MOTOR ELÉCTRICO.

2.1.1 Aislamiento. Papel especial que va en las ranuras del estator para evitar que las bobinas hagan contacto con ellas y se produzca un corto.

2.1.2 Empapelado. Se le llama empapelado a la introducción del aislamiento a las ranuras del estator.

2.1.2 Formón. Es una herramienta manual de corte libre utilizada en carpintería. Se compone de hoja de hierro acerado. Los formones son diseñados para realizar cortes, muescas, rebajes y trabajos artesanos artísticos. En los motores eléctricos se utiliza para cortar las bobinas viejas.

2.1.3 Barnizar. Significa dar un baño de barniz a un objeto. El barniz está elaborado a base de resinas sintéticas. Su secado se efectúa por polimerización obteniendo bobinados muy compactos, con gran adherencia y dureza. Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

2.2 ANOTAR DATOS.

A la hora de rebobinar un motor eléctrico, interesan los siguientes datos:

- Datos de la placa característica del motor.
- Número de ranuras.
- Número de bobinas por grupo.
- Paso del bobinado.
- Número de polos.
- Número de espiras por bobina.
- Clase y tamaño del aislamiento.
- Calibre del conductor.
- Conexión de los grupos de bobina
- Conexión.

Los datos que se describieron anteriormente, junto con los datos que se encuentran en la tabla 2.1, son datos que se obtienen a medida que se avanza en el proceso de rebobinado del motor eléctrico, y que no se pueden obviar; con el fin de que el motor a reparar quede con el mismo rendimiento o hasta un rendimiento mas optimo.

Tabla 2.1. Hoja de datos de un motor eléctrico.

H.P.	R.P.M	Voltios	Amperios	Frecuencia
N.^{0} de bobinas	N.^{0} de ranuras	Conexión	Calibre del conductor	N.^{0} de espiras
N.^{0} de polos	Bobinas por grupo	N.^{0} de grupos	Paso del bobinado	

2.3 DESTAPAR EL MOTOR.

Para destapar un motor el cual se va a reparar, se debe tener en cuenta como están ubicadas las tapas, para que en el momento de taparlo nuevamente quede exactamente igual; ya que si no queda de la misma manera puede que el motor no trabaje normalmente, y puede que el rotor roce con el estator; para evitar esto es necesario hacer un par de marcas como se muestra en la figura 2.1, una marca en una de las tapas del motor y la otra en la carcasa del estator, para que al final quede de la misma manera en que llegó y no presente problemas al momento de ponerlo en funcionamiento; una vez realizadas las marcas se aflojan los tornillos, se retiran las tapas y se desmonta el rotor. Se debe tener cuidado de no perder los tornillos y las tuercas del motor.

Figura 2.1. Marcas en el estator y en la tapa.



2.4 REALIZAR EL MOLDE PARA LAS NUEVAS BOBINAS.

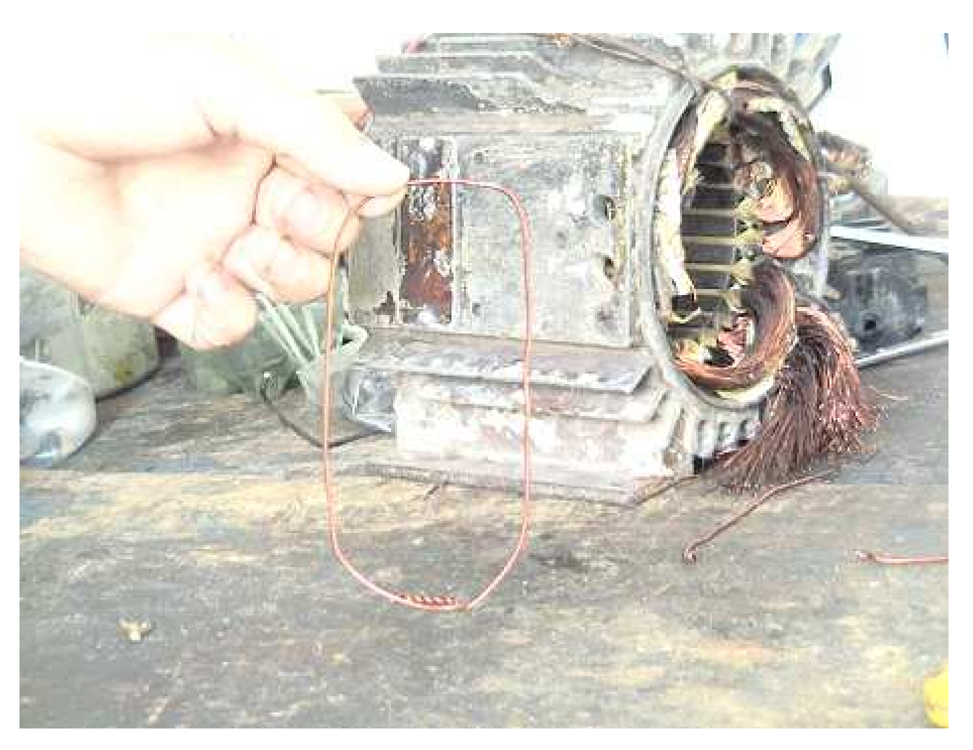
Antes de sacar las bobinas del estator, es necesario hacer el molde para las nuevas bobinas; sacando provecho de las bobinas quemadas que están elaboradas y metidas en las ranuras. Para este proceso se toma un pedazo de alambre y poniéndolo encima de alguna bobina, se le va dando la forma de la bobina como se muestra en la figura 2.2.

En la figura 2.3 se muestra el molde ya terminado. Si por ejemplo es un grupo de bobinas, se debe realizar un molde para cada bobina del grupo, ya que no serán del mismo tamaño.

Figura 2.2. Elaboración del molde.



Figura 2.3. Molde terminado.



En este paso se puede aprovechar para anotar los siguientes datos:

- Grupos de bobinas.
- Número de bobinas por grupo.
- Paso de bobina.
- Conexión de los grupos de bobina.

2.5 EXTRAER LAS BOBINAS VIEJAS.

Una vez realizado el molde, se procede a la extracción de las bobinas viejas, para esto es necesario cortar el alambre e ir retirándolo; se puede ir cortando alambre por alambre con un corta frio, o con la ayuda de un formón (figura 2.4). Es más fácil cortar todos los alambres de la bobina a la vez, colocando el formón sobre la bobina a cortar (figura 2.5), y golpeándolo con un martillo teniendo mucho cuidado de no excederse en fuerza y así no golpear el estator y dañar alguna chapa o ranura.

Figura 2.4. Formón para cortar las bobinas viejas.

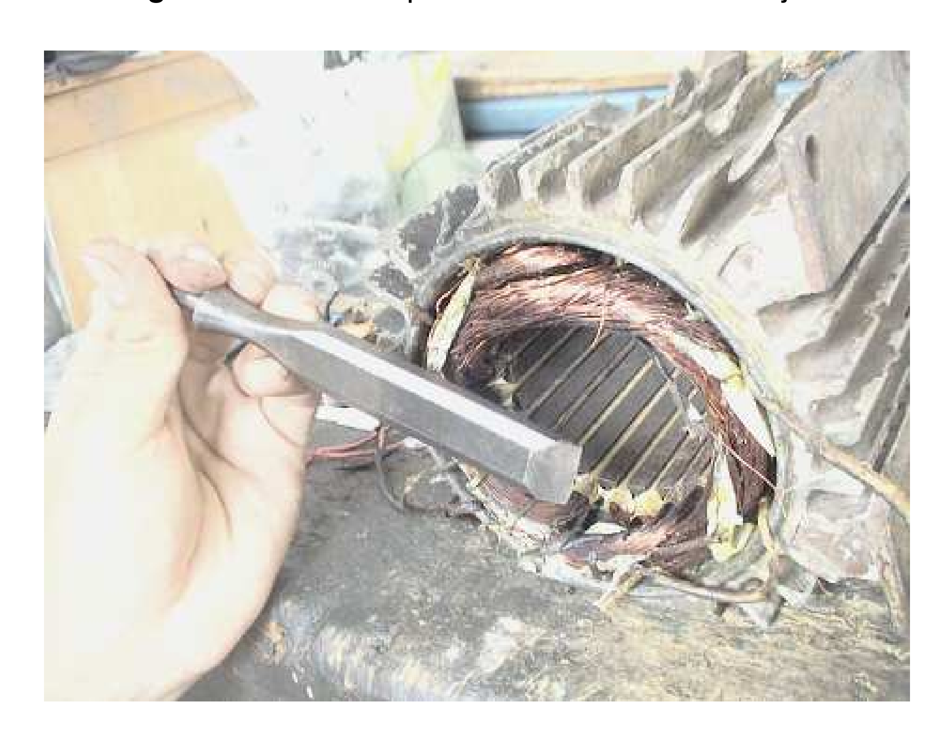


Figura 2.5. Ubicación del formón para el corte de bobina.



Habiendo cortado la bobina por uno de sus lados, se utiliza una varilla de al menos unos 35 cm de largo (figura 2.6), y que su punta termina en forma de ganzúa para así poder tomar todos los alambres de la bobina (figura 2.7), golpeando la varilla se va retirando completamente toda la bobina de las ranuras del estator.

Figura 2.6. Varilla para la extracción de las bobinas.



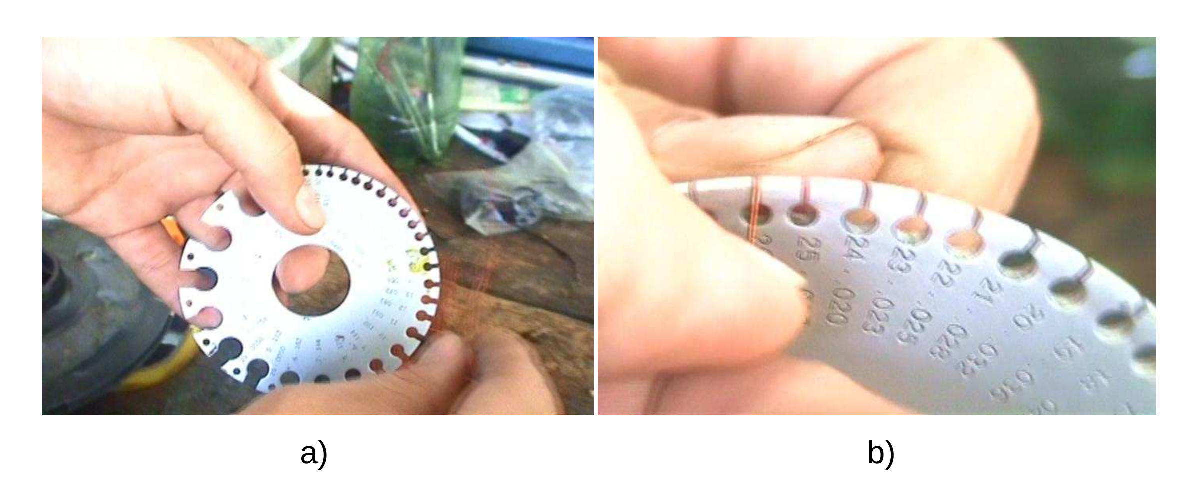
Figura 2.7. Ubicación de de la varilla para la extracción de la bobina.



Una vez retiradas las bobinas viejas se pueden anotar datos como:

- Calibre del conductor (figura 2.8 a y 2.8 b).
- Número de espiras por bobina (figura 2.10 a y 2.10 b).

Figura 2.8. Calibrado del conductor.



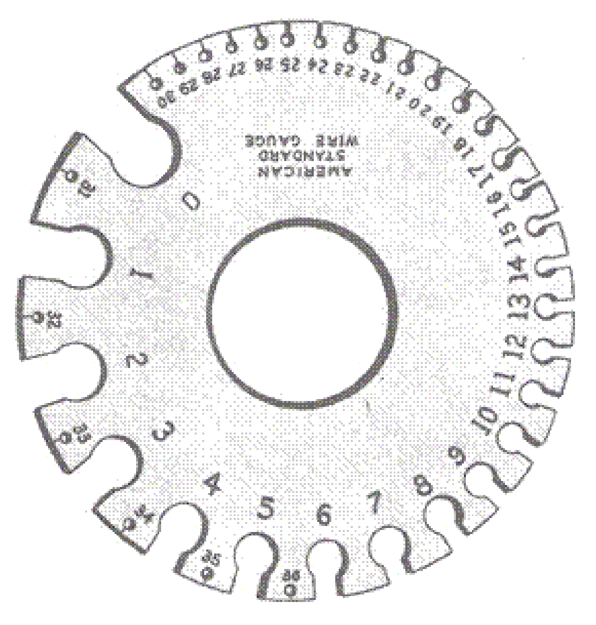
a) b)

Para determinar el grueso o calibre de un alambre, se debe de quitar una parte del forro o aislamiento y luego se pasa el conductor desnudo a través de las aberturas de un calibrador de alambre American Wire Gauge (calibre de cable americano), abreviado AWG, hasta encontrar la ranura en la cual pase ajustadamente, o sea forzándolo un poco.

Existen calibradores con 2 escalas, una para A.W.G y en la otra está marcado el diámetro del alambre en mils (abreviatura de milipulgadas). El término milipulgadas o solamente mil es un término usado por los fabricantes de alambre para indicar una milésima de pulgada.

En la figura 2.9 se puede observar el calibrador o galga para conductores eléctricos, y en la figura 2.8 b) se observa este mismo instrumento con 2 escalas.

Figura 2.9. Calibrador o galga para conductores eléctricos.



www.monografias.com/trabajos59/instalacioneselectricas/Image14.gif&imgrefurl=http://www.monografias.com/trabajos59/instalacioneselectricas/instalacioneselectricas2.shtml&usg=__mBhpaevqthpLOFjs24aXTCzFpDA=&h=311&w=301&sz=13&hl=es&start=10&um=1&itbs=1&tbnid=0jmQ0k0TbTZjzM:&tbnh=117&tbnw=113&prev=/images%3Fq%3Dcalibrador%2Bpar%2Balambre%2Bde%2BA.W.G%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26tbs%3Disch:1

Figura 2.10. Conteo de espiras



a) b)

.

2.6 LIMPIAR LAS RANURAS DEL ESTATOR.

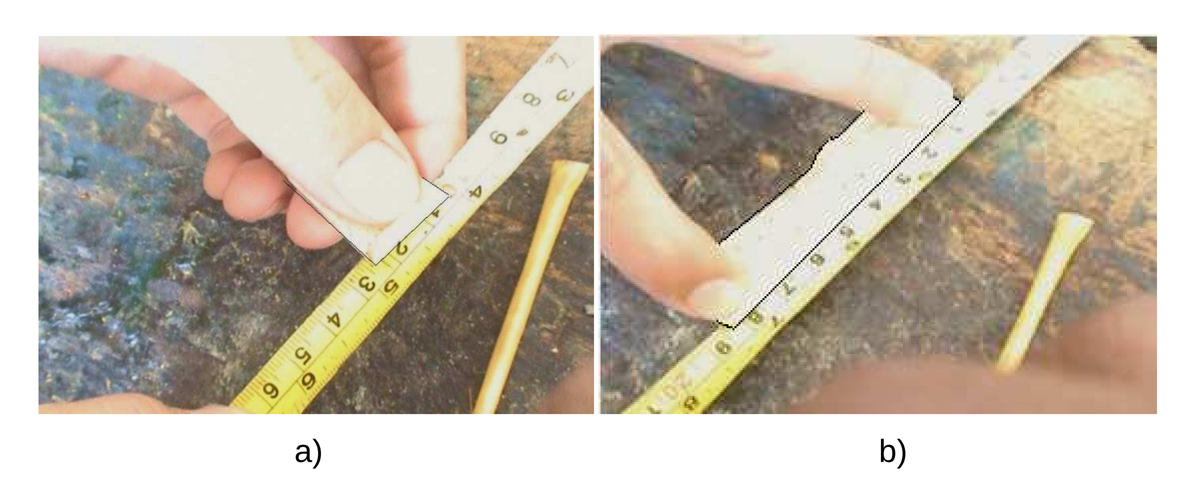
Después de sacar las bobinas, en las ranuras queda parte de aislamiento quemado (papel especial para aislar las bobinas y el circuito magnético), este aislamiento quemado se debe retirar junto con algunos trozos de alambres que van quedando en las ranuras. Para limpiar las ranuras se utiliza un cepillo de acero o una navaja (figura 2.11), la navaja es más útil para despegar el papel que se adhiere a la ranura.

Figura 2.11. Limpieza del estator.



En ocasiones quedan papeles aislantes enteros los cuales sirven para tomar la medida y poder cortar los papeles nuevos. Se mide el ancho (figura 2.12 a) y el largo del papel (figura 2.12 b).

Figura 2.12. Medición del ancho y el largo del aislamiento.



a) b)

Si no quedase ningún papel entero, entonces se toma la medida del largo de la ranura (figura 2.13 a) y el alto de la ranura (figura 2.13 b) para así saber la medida del papel. A la medición del largo de la ranura se le debe agregar más o menos 2 cm debido a que el papel sobresale de la ranura 1cm en ambos extremos, el centímetro que sobresale es para el doblez que se le hace al papel, con el fin evitar que los conductores no toquen el núcleo en ningún punto.

Figura 2.13. Medición del largo y alto de la ranura.



a) b)

Figura 2.14. Estator limpio.

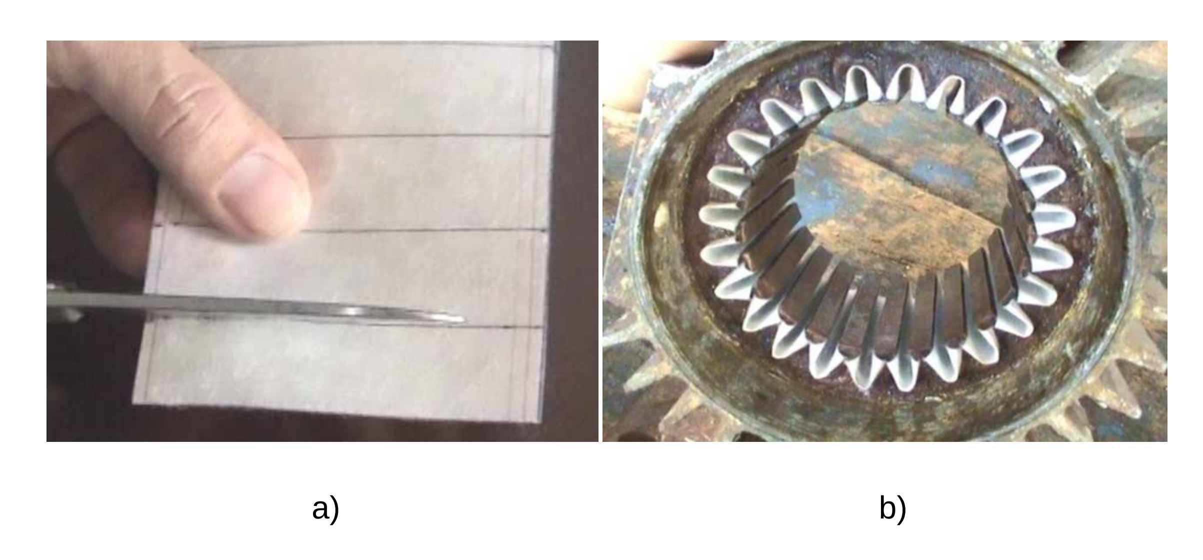


En la figura 2.14 se pueden ver con claridad las ranuras del estator ya limpias y así poder contarlas más fácilmente.

2.7 AISLAR LAS RANURAS ESTATÓRICAS.

Con la medida del papel se procede a cortar los aislamientos (figura 2.15 a) e introducirlos en cada una de las ranuras. En cada ranura se coloca un aislamiento (figura 2.15 b) para evitar que los conductores de la bobina y el circuito magnético entren en contacto.

Figura 2.15. Aislamiento del estator.



a) b)

Cuando el estator este completamente empapelado, se puede hacer un segundo molde para realizar las bobinas. En una hoja de apuntes se dibuja un rectángulo. La medida del ancho del rectángulo es equivalente a la medida del paso de bobina (figura 2.16), y la medida del lado más largo del rectángulo es equivalente a la medida del largo de la ranura más dos centímetros aproximadamente (porque el papel sobresale de la ranura más o menos 0,5 cm en cada extremo, y el otro centímetro, es para evitar que la bobina quede cerca del circuito magnético y se produzca un corto). Para obtener la medida final de esta bobina (bobina 1), se determina el perímetro del rectángulo. Para la realización del molde de la bobina 2, se realiza el mismo procedimiento, solo que al lado más largo del rectángulo se le añade el grosor de la bobina 1, para evitar que la segunda bobina quede montada sobre la bobina 1 (en caso de que sean más bobinas por grupo se realiza el mismo procedimiento). El bosquejo para la realización de este molde se puede observar en la figura 2.17.

Después se corta un alambre con las medidas de las bobinas y se construye el molde (figura 2.18).

Nota: Este molde es más exacto que el anterior.

Figura 2.16. Medición del paso de bobina 1 y bobina 2.

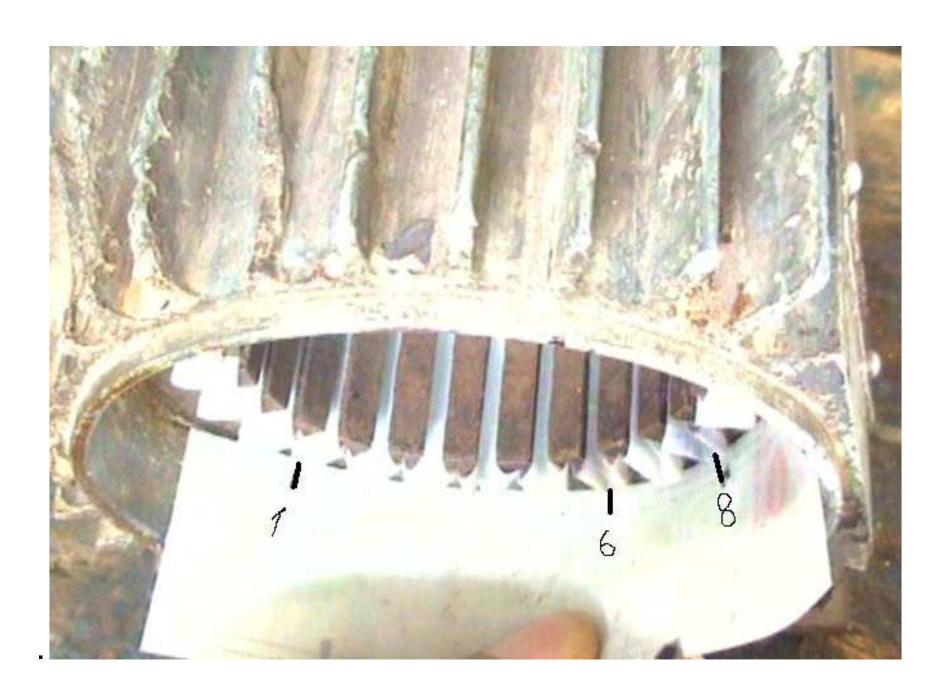


Figura 2.17. Bosquejo para la realización del segundo molde de las bobinas.

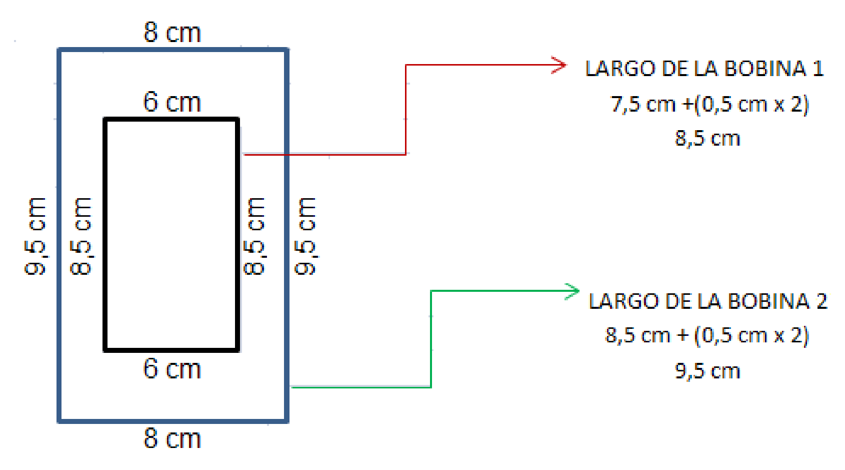
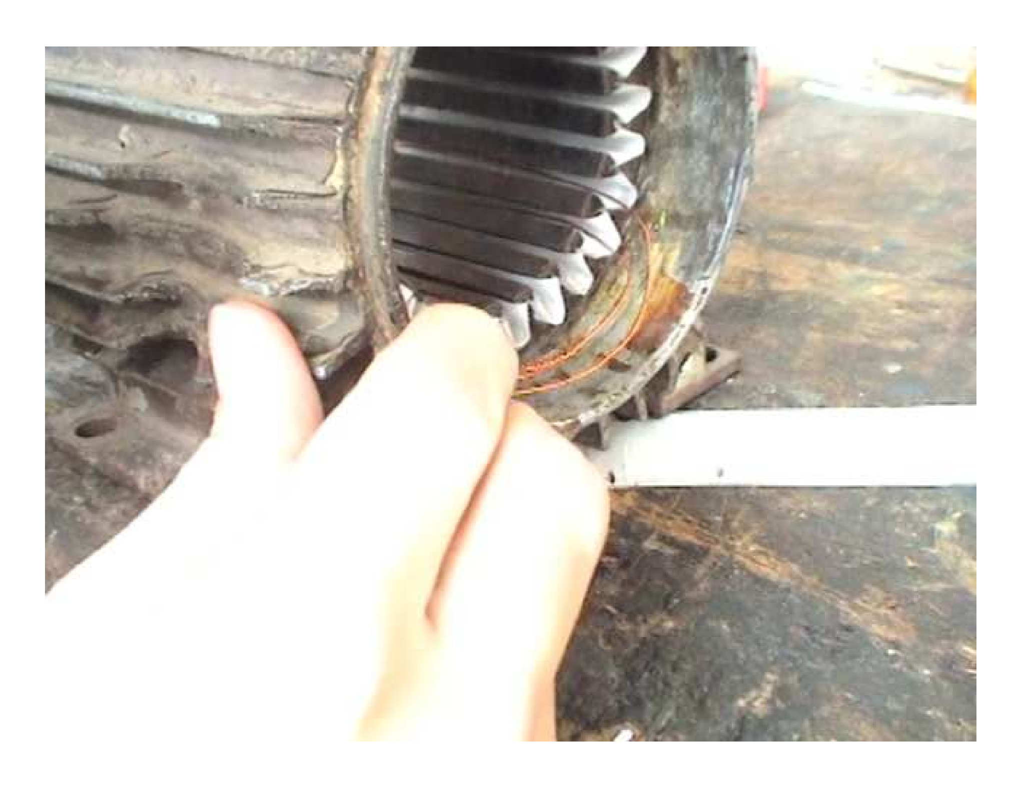


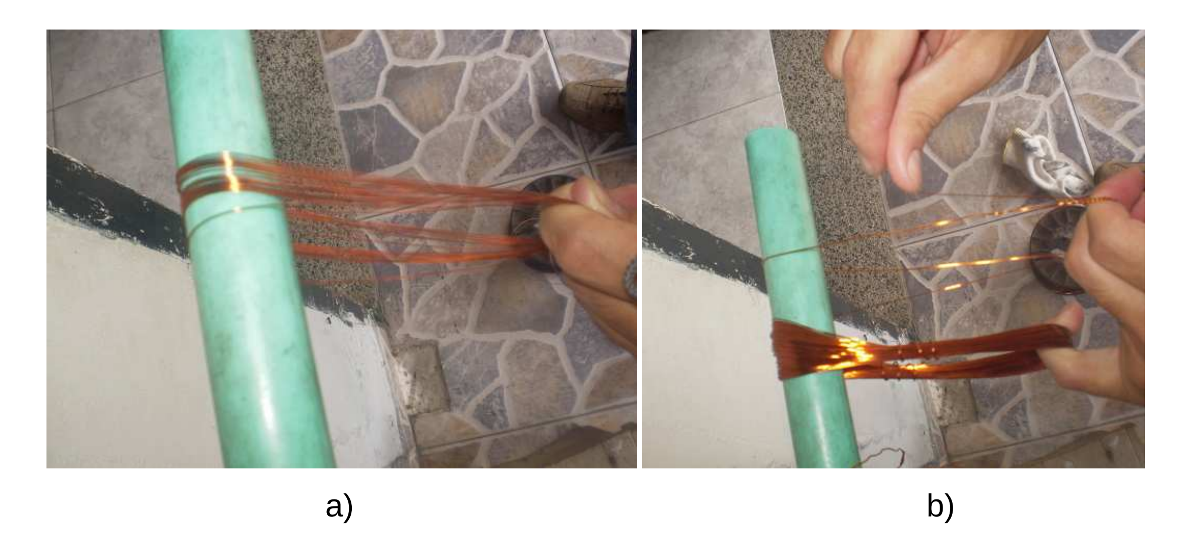
Figura 2.18. Molde de la bobina terminado y verificación de tamaño.



2.8 CONFECCIONAR LAS NUEVAS BOBINAS.

Con el molde de la bobina realizado, el alambre calibrado, y con el número de espiras por bobina, se procede a realizar las bobinas nuevas; para este proceso se utiliza un soporte que puede ser un tubo PVC, debido a que el alambre se deslizara mejor al momento de enrollarlo (figura 2.19 a). Sosteniendo el molde y el principio de bobina con una mano y el alambre que se enrolla con la otra, se dan las vueltas dependiendo del número de espiras, cuando ya se hallan enrollado unas 6 espiras se retira el molde; cuando se termina de enrollar la ultima espira se amarra el lado de bobina que se tiene en la mano con un pedazo de alambre, y luego el otro lado. Si el grupo de bobinas solo tiene una bobina, entonces se corta el alambre y ya queda lista la bobina, y si tiene más de dos bobinas por grupo se coloca el siguiente molde y se repite el proceso (figura 2.19 b).

Figura 2.19. Confección de bobinas

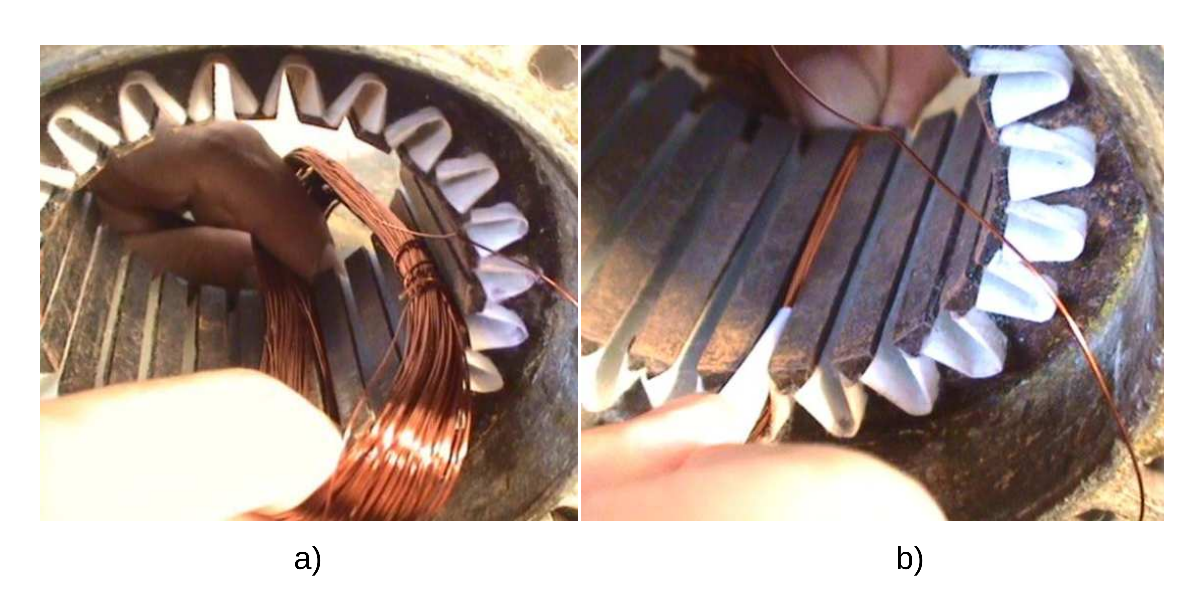


a) b)

2.9 INTRODUCIR LAS BOBINAS EN LAS RANURAS.

Cuando se va a meter una bobina o un grupo de bobinas en un estator, se debe tener en cuenta hacia donde van a quedar los principios y finales de las bobinas; primero se desamarra el lado de bobina que se va a introducir, se comienzan a meter las espiras en la ranura de una en una o por grupos pequeños de espiras (figura 2.20 a), una vez metido el lado de la bobina se cuña para evitar que se salga (figura 2.20 b), después se procede a meter el otro lado de la bobina, e igualmente se cuña; el proceso se repite para las demás bobinas. En la figura 2.21 se puede ver el estator completamente bobinado.

Figura 2.20. Introducción de las bobinas en el estator.



a) b)

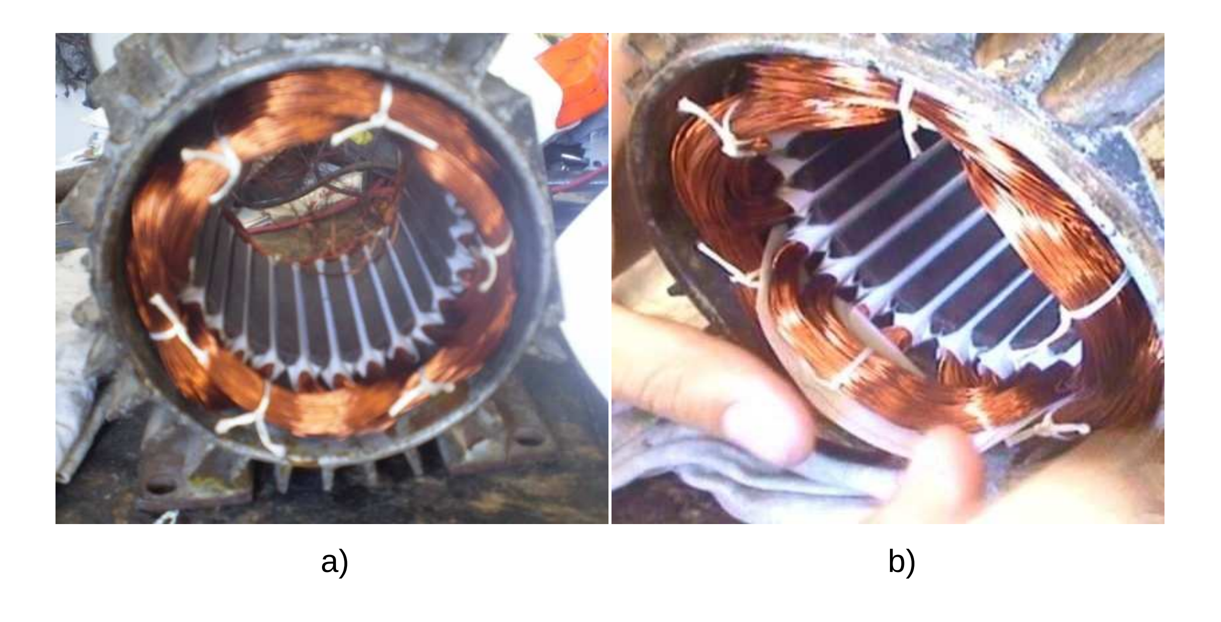
Figura 2.21. Estator completamente bobinado.



2.10 AISLAR LAS BOBINAS O GRUPOS DE BOBINAS.

Una vez introducidas todas las bobinas se deben separar para evitar cortos entre ellas (figura 2.22 b), para la separación se utiliza el mismo papel dieléctrico con el que se empapelo el estor. Es necesario amarrar las bobinas en la parte que sobresale de las ranuras como se muestra en la figura 2.22 a, para que al momento de meter el papel aislante entre las bobinas, sea fácil, también para evitar que queden alambres por fuera que puedan hacer contacto con la otra bobina.

Figura 2.22. Amarrado de las cabezas de las bobinas y asilamiento entre grupos de bobina.



a) b)

2.11 CONECTAR LAS BOBINAS.

Para la conexión de las bobinas se debe tener en cuenta los datos que se tomaron anteriormente como:

- Número de bobinas por grupos.
- Grupos de bobinas.
- Número de polos.
- Conexión de los grupos de bobina.

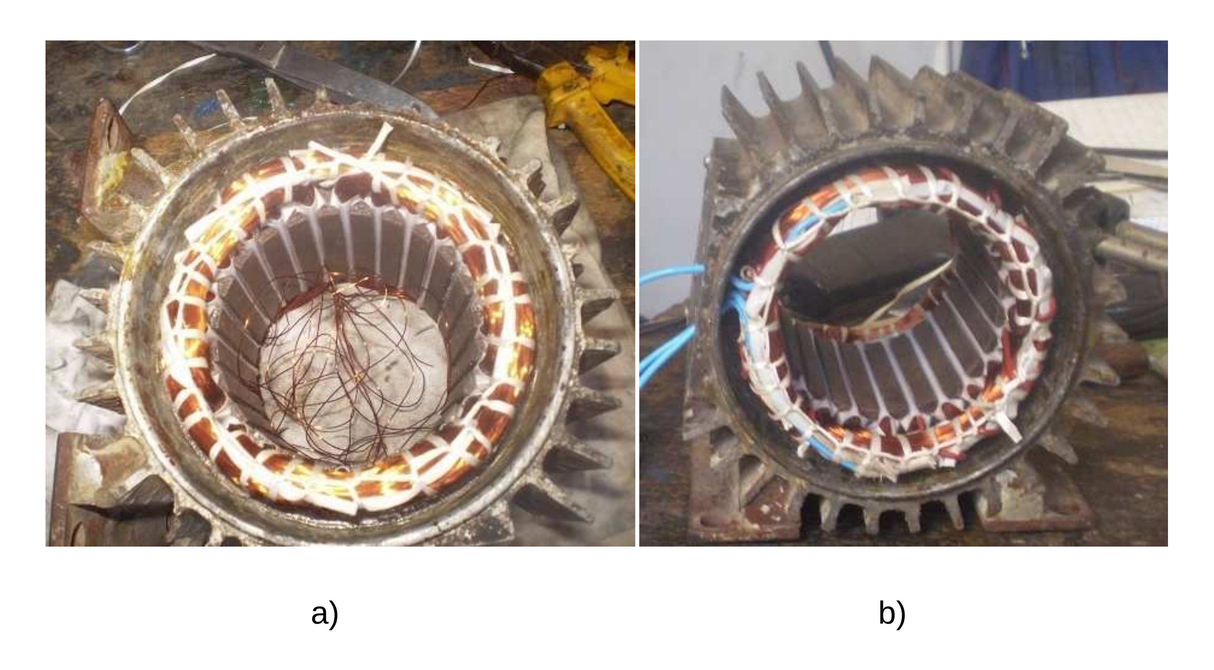
➢ Conexión.

Ya con estos datos se sabrá como conectar los principios y finales de los grupos de bobinas, y que conductores quedaran para formar la conexión trifásica (∆, Y, ó Y-∆), y los conductores que quedarán como las fases.

2.12 AMARRAR LAS BOBINAS

Después de haber separado las bobinas se procede a amarrar todo el bobinado, se amarra primero la parte donde no hay empalmes (figura 2.23 a), luego se amarra el lado de las bobinas por donde salen los cables de las fases (figura 2.23 b). Este amarrado se realiza para que las bobinas queden firmes y compactas.

Figura 2.23. Amarrado del bobinado.

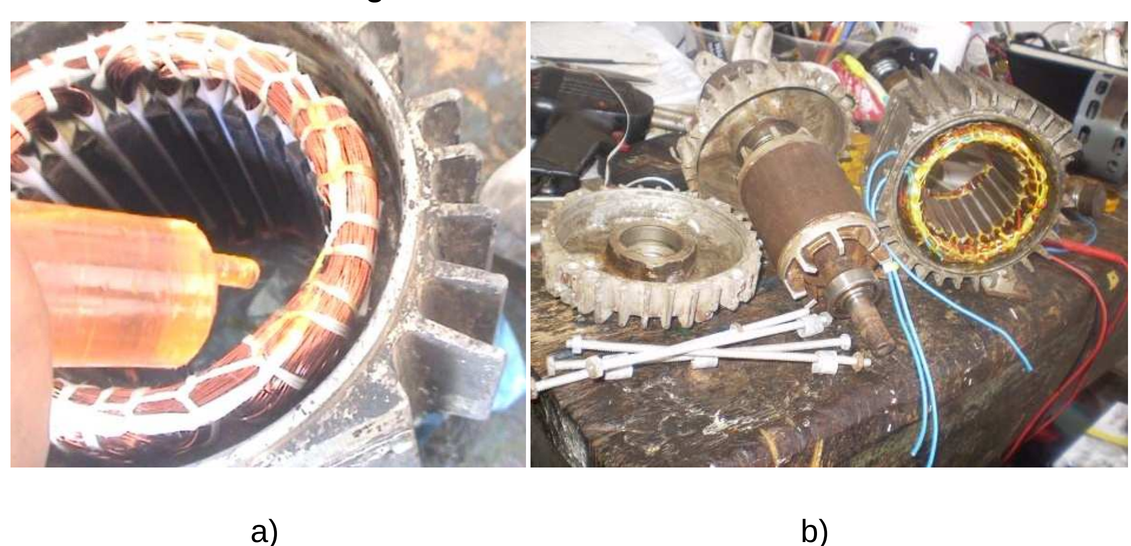


a) b)

2.13 BARNIZAR

Esta es la etapa final del proceso, para barnizar se puede hacer uso de un inyector (figura 2.24 a), se deben barnizar todas las bobinas por todas las partes incluso los lados de bobina que van por dentro de las ranuras. Después de haber barnizado, se deja que el barniz se seque y luego se procede a ponerle las tapas procurando colocarlas en el mismo orden que tenían al principio (tener en cuenta las marcas realizadas en las tapas y la carcasa del estator), y también tener precaución de apretar los tornillos en cruz para que la tapa del motor vaya ajustando igual por todas las partes, y no quede un lado más ajustado que otro. **[5], [6].**

Figura 2.24. Barnizado del motor



a) b)

3. COSTOS DE MATERIALES Y UTILIDADES QUE SE OBTIENEN AL REBOBINAR UN MOTOR ELÉCTRICO.

3.1. COSTOS DE MATERIALES.

En las tablas 3.1, 3.2, y 3.3 se pueden observar el costo de los materiales que se necesitan para el proceso del rebobinado de motores eléctricos.

Tabla 3.1. Costo (expresado en pesos por metro) de materiales necesarios para el rebobinado de motores eléctricos. Materiales fabricados por ROYAL DIAMOND

	Papel aislante	Amarra	Tubo protector (espagueti)	Cuña	Cable para las fases
Costo ($/m)	40.000	800	2.000	2.150	2.500

Tabla 3.2. Costo de alambre de cobre (conductor) fabricado por ROYAL DIAMOND (expresado en pesos por kilogramo).

	Alambre de cobre
Costo ($/kg)	40.000

Tabla 3.3. Costo del barniz fabricado por ROYAL DIAMOND (costo expresado en peso por cuarto de litro).

	Barniz
Costo ($/cuarto de litro)	14.000

Para la realización de este manual se utilizó un motor de ½ h.p. con 24 ranuras, 124 espiras por bobina, 2 bobinas por grupo, 6 grupos de bobinas, 4 polos, con un bobinado concéntrico, conectado por polos consecuentes y sus fases en **Y.**

En la tabla 3.4 se puede observar el precio de los materiales que se utilizaron en el motor que se rebobino para la realización del manual.

Tabla 3.4. Precio de los materiales para el rebobinado del motor de ½ h.p.

MATERIALES UTILIZADOS /CANTIDAD	COSTO EXPRESADO EN PESOS ($)
Alambre de cobre/ 1 kg	40.000
Barniz / 1 cuarto de litro	14.000
Papel aislante /1 m	40.000
Amarra /3 m	2.400
Tubo protector/ 2 m	4.000
Cuña/ 3 m	6.450
Cable para las fases/ 2 m	5.000
TOTAL EXPRESADO EN PESOS ($)	111.850

3.2 UTILIDADES QUE SE OBTIENEN AL REBOBINAR UN MOTOR ELÉCTRICO.

En la tabla 3.5 se puede observar la utilidad que se obtuvo a la hora de rebobinar el motor de ½ h.p.

Tabla 3.5 utilidad obtenida para el motor de ½ h.p

Costo del motor de 1/2 h.p (utilizado)	Costo del rebobinado del motor de 1/2 h.p
315.000	111.850
Utilidad Expresada en pesos ($)	203.150

4. CONCLUSIONES Y OBSEVACIONES

- Cuando se está introduciendo las bobinas en las ranuras del estator, se debe tener cuidado de no pelar el esmalte del alambre de cobre con las esquinas de las ranuras.

- También se debe tener cuidado cuando se esté cuñando las bobinas, ya que las cuñas se pueden pelar con las esquinas de las ranuras, y después de haber cuñado se debe revisar que no hayan quedado alambres por fuera, es decir sin cuñar.

- Para empalmar se debe pelar el esmalte que recubre al alambre de cobre, lo anterior se hace quemando el esmalte y lijándolo, antes de unir los alambres que se empalman se le mete un tubo protector (espagueti) a uno de ellos para después cubrir el empalme.

- En la mayoría de los casos es necesario cambiar los rodamientos del motor para que quede con un mejor desempeño, aun así los rodamientos parezcan buenos es conveniente cambiarlos y garantizar la eficiencia del motor.

- Conocida la metodología utilizada en este proceso de rebobinado, se puede ver con claridad que no se necesita un gran taller ni maquinaria para realizar el rebobinado de un motor, solo se necesitan los materiales fundamentales.

- Se aprende una metodología que no es mostrada de manera específica y concreta en los libros si no que es aprendida de forma empírica de personas que han trabajado mucho tiempo en el rebobinado de motores.

- Se obtienen más ventajas rebobinando un motor que cambiarlo en su totalidad, ya que se pueden hacer modificaciones que el cliente o el usuario requieran y además solo se invierte en la parte del rebobinado.

- El trabajo de rebobinado es algo muy rentable debido a que muy pocas personas lo hacen, lo que es bueno para la generación de empleo.

5. GLOSARIO

$\boldsymbol{b}$**:** Número de bobinas por par de polos y fase.

$\boldsymbol{K}$**:** Número de ranuras.

$\boldsymbol{q}$**:** Número de fases

$\boldsymbol{2_p}$**:** Número de polos

$\boldsymbol{kpq}$ **:** Número de ranuras por polo y fase.

$\boldsymbol{2_{pq}}$**:** Número de grupos por fase por el número de fases.

$\boldsymbol{B}$ **:** Número de bobinas.

$\boldsymbol{u}$ **:** Número de bobinas por grupo.

$\boldsymbol{G}$ **:** Número de grupos totales del bobinado.

$\boldsymbol{Y_p}$ **:** Paso polar.

$\boldsymbol{Y_k}$**:** Paso de ranura

$\boldsymbol{m}$**:** Amplitud.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1]. Nakayama Aberto, hermanos Matías, Bostol Hernán. Todo para bobinado de motores eléctricos. E-books y Tutoriales. Argentina. Actualizada diciembre 11 de 2009. Disponible en: http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/3903023/Todo-para-Bobinado-de-motores-electrico.html.

[2]. Pértiga, Escuela de profesiones técnicas. Instalaciones Electrotécnicas. España. 14 p. Disponible en: http://www.pertiga.es/inicio/images/web/ie.pdf.

[3]. Pozueta Rodríguez Miguel Ángel. Constitución de las maquinas eléctricas. España: Universidad de cambria, 2010. 42 p. Disponible en: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/constitucion%20maq%20elec.pdf.

[4]. WALES, Jimmy y SANGER, Larry. Motor Asíncrono. Estados Unidos, 20 de mayo de 2001. http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_as%C3%ADncrono.

[5]. PUCHOL VISAS, José Manuel. Motores de corriente alterna, Rebobinado – Reparación de averías – Modificaciones. Barcelona (España): Editores Técnicos Asociados. S.A.

[6]. ROLDÁN, José. Manual del bobinador. Quinta edición. Barcelona (España): EDICIONES CEAC, S.A, 1980. 268 p.

[7]. ROYAL-DIAMOND, S.A. Aislantes eléctricos. España. http://www.royaldiamond.es/

7. ANEXOS

ANEXO 1.

Materiales recomendados para el proceso del rebobinado de motores eléctricos de inducción.



TufQUIN TFT (*) CLASE TÉRMICA H (180ºC)

LAMINADO AISLANTE FLEXIBLE HOMOLOGADO UL E65007

El aislante flexible TufQUIN TFT, está compuesto por un Film de Tereftalato de Polietilenglicol (PETP), recubierto por ambas caras con fibras orgánicas/inorgánicas y adhesivo termoestable de alta resistencia térmica. Posee alta conductividad térmica y baja absorción de agua. Se presenta en color blanco. Este laminado se inserta con facilidad debido a su gran poder deslizante. Posee excelente resistencia a la abrasión y a la rotura. Ideal para construcción y reparación de todo bobinado que esté sometido a elevadas exigencias de resistencia mecánica, dieléctrica ó térmica (ranuras y entre-fases).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (Espesor 0.23 mm)

Perforación dieléctrica ASTM D-149 (kV)	14
Resistencia a la tracción MD ASTM D-828 (kN/m)	23
Alargamiento a la rotura MD ASTM D-828 (%)	22
Resistencia al desgarro MD ASTM D-689 (g)	320
Resistencia al desgarro TD ASTM D-689 (g)	1280
Conductividad térmica a 180ºC (W/mK)	0.145
Contenido de humedad 50% RH a 20ºC, secado 24h a 155ºC (%)	0.8

ESPESOR TOTAL	ESPESOR FILM	GRAMAJE	AISLAMIENTO	PRESENTACIÓN
REF. (mm)	(micras)	(g/m2)	(V)	
0.15+-10%	50	172 +- 10%	8000	Bobinas de 21Kg
0.20+-10%	100	244 +- 10%	12000	Bobinas de 30Kg
0.23+-10%	125	276 +- 10%	14000	Bobinas de 33Kg
0.30+-10%	190	367 +- 10%	16000	Bobinas de 44Kg
0.35+-10%	250	452 +- 10%	18000	Bobinas de 54Kg
0.45+-10%	350	582 +- 10%	20000	Bobinas de 70Kg

CORTE

Ancho bobinas 890 mm

Bajo demanda puede suministrarse en rollos, formatos o piezas troqueladas. La tolerancia de corte es: +0.2 -0.2mm.

En el caso de que la suma total de los anchos de los rollos, sea inferior al ancho estándar de la bobina, la merma superior a 20 mm., será bobinada y servida con los rollos.

El diámetro interior estándar de los tubos de cartón es de 70 mm.

ROYAFLEX "F" **CLASE TÉRMICA F (155ºC)**

TUBO AISLANTE FLEXIBLE **-30ºC +170ºC**

El ROYAFLEX "F", es un tubo compuesto por un trenzado de Vidrio, recubierto con un barniz de Poliuretano.

COLORES

El color estándar es Natural (Crudo). Bajo demanda podemos suministrar otros colores: Amarillo, Verde, Marrón, Rojo, Negro, Azul, Blanco, Naranja, Violeta, etc.

CAMPO DE APLICACIÓN

Su empleo es adecuado en motores, aparatos y máquinas de la clase térmica "F" (155ºC), como por ejemplo: transformadores, construcciones eléctricas y electrónicas, cableado de electrodomésticos y de calefacción, cableado de máquinas útiles y máquinas electrotérmicas para el trabajo con plásticos y caucho. En definitiva es apto para el aislamiento de componentes eléctricos a temperaturas inferiores a 170ºC.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (SEGÚN NORMAS UNE 21375-93/DIN 40620)

TÉRMICAS

Clase térmica...	"F".
Temperatura de servicio................................	155ºC.
Temperatura máx. Utilización...........................	170ºC.

Aguanta el contacto del hierro al soldar.

ELÉCTRICAS

Tensión de perforación en seco.......................	3000 V.

QUÍMICAS

Resistencia a los productos químicos.

Etanol.........	Muy buena.
Toluol.........	Buena.

Aceite......... .... Muy buena.
Pyraleno..... .... Buena.
Agua.......... .... Muy buena.
Acido Sulfúrico... Regular.

Buena compatibilidad con barnices de impregnación clase "F". Muy buena resistencia a la humedad y a los hongos.

MECÁNICA

Buena elasticidad / Buena resistencia al doblado / Buena resistencia al envejecimiento.

Resistencia a la tracción................................. 33.1 N/mm2
Alargamiento a la rotura................................. 17.2 %.

FORMA DE SUMINISTRO

Diámetro interior (mm) Longitud rollo (ml).

0.5/1/1.5.... 200
2/2.5/3/4.... 100
5/6/7/8/10/12/14/16...................................... 50

ROYALAC 158 **CLASE TÉRMICA F (155ºC)**

BARNIZ DIELÉCTRICO

El barniz de impregnación ROYALAC 158, está elaborado a base de resinas sintéticas de tipo termoendureciente. Su secado se efectúa por polimerización obteniendo bobinados muy compactos, con gran adherencia y dureza.

Presenta buena compatibilidad sobre hilos esmaltados y demás aislantes.

CAMPO DE APLICACIÓN

Impregnación de transformadores y estatores.

MODO DE EMPLEO

El barniz Royalac 158 puede aplicarse por inmersión, o bien al autoclave con vacío-presión y también en instalaciones en continuo de impregnación-secado.

Recomendamos hacer las inmersiones de los bobinados a temperatura ambiente o máximo a 40ºC, a fin de evitar fenómenos de aglutinación del barniz y defectos de impregnación.

El barniz Royalac 158 presenta la ventaja de poder secarse como un barniz de la Clase B (130ºC), obteniéndose características térmicas, una vez polimerizado, de un barniz de la Clase F (155ºC). A título indicativo y generalizado, señalaremos un tiempo de 2 a 4 horas a 130-140ºC.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Color. .... Dorado.

Densidad a 20ºC (grs/cm3)...................................... 0.960

Viscosidad Copa Ford Nº 4 a 20ºC (s).................. 15+-5

Materia fija (%).. 30+-2

Clasificación Térmica.. F (155ºC)

Tiempo de secado sobre placa a 135ºC (min)............... 5

Película resultante.....................................Brillante, adherente, flexible y dura.

Estabilidad almacenaje a 20ºC................................. 12 meses.

CARACTERÍSTICAS DIELÉCTRICAS

Perforación dieléctrica sobre placa de cobre por grueso de película 0.01 mm:

ESTADO NATURAL.. 1300 V

Después de 24 horas en CLH al 50%......................... 1100 V

Después de 8 días al aire (90 % humedad)................ 1200 V

Después de 8 días en agua destilada........................ 1100 V

Después de 8 días en aceite de transformadores..... 1350 V

DILUYENTE

En caso que se desee reducir la viscosidad, debe emplearse nuestro DILUYENTE F-5.

FORMA DE SUMINISTRO

En envases de hojalata litografiados y precintados de 5 y 25 litros.

En bidones de plancha de hierro de 50, 100 y 200 litros.

ROYASIL CSP **CLASE TÉRMICA H**

CABLE SILICONA POLIÉSTER **60ºC+180ºC**

El cable ROYASIL CSP, se compone de un conductor de Cobre rojo Clase 5 NFC 32-013, Caucho de silicona y Trenza poliéster revestida. Los colores son BLANCO, AZUL, MARRÓN y ROJO.

CARACTERÍSTICAS

Temperaturas servicio continuo: - 60ºC a + 180ºC, puntas a 230ºC. Buena resistencia a los choques térmicos y UV. Excelente envejecimiento. Buena resistencia a la humedad y a las atmósferas químicas usuales. Elevadísima resistencia mecánica. Compatibilidad con la mayoría de los barnices de impregnación. Tensión de empleo: 500 V - Tensión de prueba: 2000 V. Tensión disruptiva: >6000 V. Intensidad maxi admisible para ambiente 170ºC. Resistencias lineicas.

CAMPO DE APLICACIÓN

Cableados de máquinas rotativas. Motores. Alternadores. Generadores y máquinas estáticas. Transformadores. Bobinas (clase H). La trenza poliéster siliconada es un refuerzo mecánico muy bueno. Tolerancia de peso y diámetro: +- 5 %.

NÚCLEO HILO O CABLE AISLADO

SECCIÓN	COMPOSICIÓN	DIÁMETRO	MASA	RESISTENCIA
NOMINAL	NOMINAL	EXTERIOR	LINEICA	LINEICA 20ºC
mm2		mm	kg/km	Ohm/Km
0,25	8 * 0,20	1,8	5,3	78,6
0,5	16*0,20	2	8	52,4
0,75	24*0,20	2,2	10,9	26
1	32*0,20	2,3	13,4	19,5
1,5	30*0,25	2,7	19,8	13,3
2,5	50*0,25	3,4	30,7	7,98
4	56*0,30	4,2	48	4,95
6	84*0,30	5,2	73	3,3
10	80*0,40	7	129	1,91
16	126*0,40	8,6	198	1,21
25	196*0,40	10,4	295	0,78
35	276*0,40	11,9	399	0,554
50	396*0,40	14,1	562	0,386
70	360*0,50	15,9	759	0,272
95	485*0,50	18,2	1024	0,206
120	608*0,50	20,3	1275	0,161
150	756*0,50	22,8	1587	0,129
185	944*0,50	24,8	1952	0,106
240	1221*0,50	28,8	2560	0,0801
300	1525*0,50	31,5	3095	0,0641
400	2037*050	35,4	5130	0,0486

En coronas de 100 m según sección, en bobinas o carretes recuperables. Tolerancia de peso y diámetro: +- 5 %. **[7].**